

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 40 19 098 A 1

⑳ Aktenzeichen: P 40 19 098.6
㉒ Anmeldetag: 15. 6. 90
㉔ Offenlegungstag: 3. 1. 91

㉕ Int. Cl. 5:
B 23 K 33/00
B 22 F 3/02
// B 23 K 15/00, 11/00,
26/00

DE 40 19 098 A 1

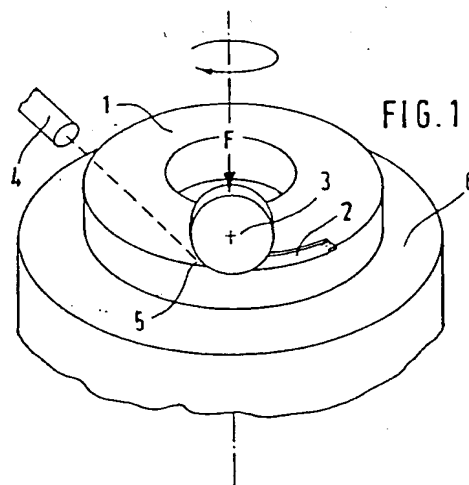
㉓ Innere Priorität: ㉓ ㉓ ㉓
20.06.89 DE 39 20 033.7

㉗ Anmelder:
Zahnradfabrik Friedrichshafen AG, 7990
Friedrichshafen, DE

㉚ Erfinder:
Schmidt, Ingo, Dr., 7996 Meckenbeuren, DE;
Lechleiter, Klaus, 7990 Friedrichshafen, DE

㉙ Verfahren und Vorrichtung zur Vorbereitung eines Werkstückes aus Sintermetall für eine Schweißnahtverbindung

Die Schweißbarkeit von Werkstücken aus Sintermetall (1) wird derjenigen von schweißbaren Stählen etc. angepaßt, ohne die übrigen Sintermetall-Eigenschaften außerhalb der Schweißzone zu beeinträchtigen, indem eine Verdichtung des Schweißnahtbereiches (2) durch ein Walz- oder Preßwerkzeug (3) zum Zwecke einer die Schweißbarkeit erlaubende Porositätsverminderung erfolgt. Der erstrebte, auf die Fügezone begrenzte Materialverdichtungsbereich (10) soll dabei nur etwa dem Erschmelzungsbereich in der Schweißfuge entsprechen. Durch bestimmte Werkzeugformen bzw. -belastungsarten können an Werkstückkanten aus verdichtetem Material Wülste (11) aufgeworfen werden, die sich zur Zentrierung bzw. Axialdistanzierung beim Zusammenfügen der zu schweißenden Teile nutzen lassen.



DE 40 19 098 A 1

Beschreibung

Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Vorbereitung eines Werkstückes aus Sintermetall für eine Schweißnahtverbindung. Über das Schweißen von Sinterstählen und verschiedene Schweißverfahren wird berichtet in dem Aufsatz von Jörg Niessen, "Schweißen von Sinterstählen", Maschinenmarkt 48 (1970), Seiten 1 bis 4. Daraus ist gemäß Seite 2, Absatz 2, bekannt, daß das Verbindungsschweißen von Sintermetall zu Sintermetall und von Sintermetall zu Massivmetall umso schwieriger ist, je höher die Restporosität des gesinterten Werkstoffes liegt. Normalerweise können Werte bis zu 50 Prozent Porosität auftreten. In einem der bekannten Verfahren hat man die hochporösen Sinterwerkstoffe mit viel Zusatzwerkstoff bzw. besonders großen Nahtbreiten für Stirnflach- oder Bördelnähte verschweißt. Für niedrig beanspruchte Verbindungen hat man Punkt- oder Rollennahtschweißungen in Betracht gezogen. Selbst bei geschmiedeten Sinterwerkstücken ergaben sich auf diese Weise noch keine befriedigenden Schweißbarkeiten, obwohl dabei die Restporositäten bis unter 25 Prozent reduziert wurden.

Die Schmiedung ganzer Sinterteile ist für sehr viele praktische Anwendungsfälle von Sinterwerkstoffen ungeeignet. Sie steht insbesondere dem Bemühen entgegen, auf wirtschaftliche Weise statisch und dynamisch hoch beanspruchbare verschweißte Sinterwerkstoffe einsetzen zu können und dabei dennoch außerhalb der Schweißzonen die typischen Eigenschaften von Sintermetall beizubehalten. Durch weitgehend zusatzwerkstofffreie Schweißungen bei schmalen Nahtbreiten könnte eine größere Zahl von neuen Anwendungsarten für Sinterwerkstoffe erschlossen werden, welche bisher hierfür nicht in Betracht kamen. Dadurch würden viele vorteilhafte Eigenschaften der Sinterwerkstoffteile einer breiteren Nutzung zugeführt: gute Reibungswerte, Selbst- und Notschmierung, Präzision zu geringen Kosten usw.

Die Aufgabe der Erfindung wird hiervon ausgehend darin gesehen, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Vorbereitung eines Werkstückes aus Sintermetall für eine Schweißnahtverbindung zu schaffen, mit denen Sinterwerkstoffe und übliche Schweißstähle oder zwei Sinterteile miteinander normal verschweißbar gemacht werden können, ohne daß dabei die Eigenschaften der Sinterwerkstoffe auch außerhalb der Schweißbereiche verloren gehen.

Die Lösung wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 insofern erreicht als das Werkstück aus Sintermetall im Bereich der vorgesehenen Fügung einer nichtspanenden, mechanischen Vorbehandlung zum Zwecke einer Verminderung der Restporosität im Schweißbereich unterzogen werden. Diese Vorbehandlung besteht aus einem verdichtenden Walz- oder Preßvorgang, der im Wirkungsbereich der Schweißverbindung eine deutlich geringere Restporosität erbringt.

Das Verdichten des Sinterwerkstoffes soll hier nicht primär zur Leistungssteigerung bei dynamischen Beanspruchungen, sondern vorrangig zur Verbesserung der Schweißbarkeit führen, ergibt dann allerdings als sekundären, erwünschten Effekt auch noch eine verbesserte Schweißnahtqualität für höhere statische und dynamische Festigkeit sowie vorteilhaftere Verwendbarkeit der mit anderen Werkstoffen zusammengeschweißten Sinterbauteile. Es war zwar seit beinahe 60 Jahren be-

kannt, zum Zwecke der Oberflächenglättung und zur Schwingfestigkeitssteigerung Festwalzung bzw. -pressung anzuwenden, zur Schweißnahtvorbereitung von Sinterwerkstoffen wurden solche Maßnahmen jedoch nie eingesetzt. Damit wird nunmehr eine Verwendung von Sinterbauteilen für solche Bereiche möglich, wo deren Einsatz wegen fehlender bzw. wegen nicht ausreichend fester Fügetechnik bisher ausgeschlossen oder zu kostspielig war. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die an sich seit langem bekannte Tatsache benutzt, daß durch Walzen bzw. Pressen erhebliche, in relativ große Werkstofftiefen reichende Materialverdichtungen möglich sind. Da andererseits qualitativ hochwertige Schweißverbindungen mit üblichen Schweißgeräten (Laserstrahl, Elektronenstrahl etc.) nur mit geringer Porosität in der Schweißzone möglich sind, lassen sich die bekannten Schwierigkeiten des Schweißens von Sintermetallen untereinander oder mit üblichen schweißbaren Werkstoffen zusammen durch solche auf den Schweißnahtbereich beschränkten Materialverdichtungen beheben. Die in erster Linie auf unerwünschte Reaktionen des in den Sinterporen eingeschlossenen Gases mit der Schweißwärmequelle (Oxidation, Mikroexplosionen) sowie auf die Folgen des durch das Aufschmelzen porösen Materials auftretenden Volumendefizits zurückzuführende Schweißprobleme werden nun vermieden. Das beim Schweißen von erfindungsgemäß im Schweißnahtbereich gewalztem bzw. gepreßtem Sinterwerkstoff verbleibende Volumendefizit ist vernachlässigbar klein und Gasreste kaum noch eingeschlossen, so daß die Schweißqualität nachhaltig verbessert wird.

Weitere Vorteile werden mit den in den Unteransprüchen angegebenen besonderen Ausgestaltungsmerkmalen erreicht:

- Die bei der Materialverdichtung im Schweißnahtbereich erzielten Maßänderungen können vorteilhaft zur exakten Positionierung der zu verbindenden Teile zusätzlich nutzbar gemacht werden.

- Eine Porositätsminderung auf wenigstens ca. 5 Prozent im Schweißnahtbereich stellt oft schon eine ausreichende Schweißnahtqualität sicher.

- Wird der erfindungsgemäßen Vorbehandlung des Sinterwerkstoffes eine lokale Erwärmung mittels einer mobilen Wärmequelle vorgeordnet, kann die plastische Verformung des Fügebereiches durch die Walzparameter sowohl bezüglich der Werkstofftiefe als auch der Fügebereichsgeometrie in weiteren Grenzen bei geringerem Kraftaufwand variiert werden.

- Soweit die Form der Werkstücke dies zuläßt, ist die Verdichtung des Fügebereiches mit zwei einander entgegenwirkenden Werkzeugen (z. B. Ober- und Unterrolle), besonders hinsichtlich der Behandlungszeiten, günstig.

- Sofern, z. B. bedingt durch die Gestalt des Werkstückes bzw. die Lage des Fügebereiches oder auch durch bestimmte Formgebungen und Anordnungen der Walz- bzw. Preßwerkzeuge, in den Randzonen der verdichteten Oberfläche Wülste aufgeworfen werden, ist es günstig, diese so in der Nähe der Stoßfuge anzuordnen, daß hier Material beim Schmelzen während des Schweißvorganges in die Stoßfuge hineingelangen kann und dort die Verbindung der beiden Werkstücke verbessert wird.

- Insbesondere bei Rotationsteilen können solche Wülste auch die Zentrierung, z. B. bei Radialnahtschweißungen, und deren miteinander zu verbind-

denden Teile erleichtern oder bei Axialverbindungen dazu beitragen, daß der zum Erschmelzen des Fügebereiches in der Tiefe notwendige Minimalabstand ohne besondere Vorrichtungen exakt eingehalten werden kann.

– Für längere Schweißnähte bzw. großflächigere Schweißverbindungen ist es vorteilhaft, ein maschinell geführtes Walz- oder Preßwerkzeug zu verwenden, bei dem der Anpreßdruck kontrolliert und der Wirkungsbereich exakt steuerbar ist.

– Durch besondere Gestaltung und Dimensionierung der Werkzeuge in Relation zur erforderlichen Arbeitsbreite ist es möglich, die Wülste vorrangig an diejenigen Stellen des Werkstückes zu schieben, wo sie beispielsweise als Distanzelemente eine schweißgünstige Zuordnung der Schweißteile sicherstellen. So kann mit einem Werkzeug, das eine um die Breite der angestrebten Wülste geringere Arbeitsbreite als der Schweißstoß aufweist, der Wulst gerade in jenem Bereich unmittelbar neben dem Werkzeug hervorgerufen werden, wo er zur Verwendung als Distanzmittel am besten geeignet ist.

– Eine besonders schnelle und wirkungsvolle Arbeitsweise wird erreicht, wenn das Walz- bzw. Preßwerkzeug an einem Vorschubsystem bewegt wird, welches gleichzeitig eine mobile Wärmequelle unmittelbar vor dem Werkzeug entlangführt. Es entsteht dann keine nennenswerte Abkühlung zwischen der Erwärmung und der Verformung, für die der Kraftbedarf verringert sein kann. Je nach Art, Größe und Stückzahl der Werkstücke kann es sich auch lohnen, das gleiche Vorschubsystem auch zur Bewegung des Schweißgerätes einzusetzen und damit Pressen bzw. Walzen und Schweißen zeitlich und örtlich zusammenzulegen.

Die Erfindung ist nicht auf die Merkmalskombinationen der Ansprüche beschränkt. Für den Fachmann ergeben sich weitere sinnvolle Kombinationsmöglichkeiten von Ansprüchen und einzelnen Anspruchsmerkmalen aus der Aufgabenstellung. Die Erfindung ist anhand der nachstehenden schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 stellt eine Sintermetallrunde dar, deren Außenkante mittels eines Walzvorganges in einem Schweißnahtbereich durch Materialverdichtung schweißbar gemacht wird.

Fig. 2A verdeutlicht eine Schweißnahtvorbereitung auf einem ebenen Sintermetallwerkstück.

Fig. 2B zeigt einen Detailschnitt durch die fertige Schweißnaht.

Fig. 3A zeigt ein Sintermetallwerkstück, bei dem eine hervorstehende Kante durch ein Rollwerkzeug verdichtet wird.

Fig. 3B zeigt sinngemäß die gleiche Situation, jedoch mit um eine vertikale Achse drehendem Werkzeug.

Fig. 4A zeigt ein Walzwerkzeug, das nur mit einem Teil seiner Breite auf eine zu schweißende Kante preßt, um einen Wulst zu erzeugen.

Fig. 4B zeigt den gleichzeitigen Einsatz zweier einander entgegengerichteter Preßwerkzeuge, z. B. für X-Nähte.

Fig. 4c bis **4E** zeigen weitere Rollenformen mit entsprechenden Materialverdichtungsbereichen.

Fig. 5 verdeutlicht den Einsatz von Verdichtungswülsten zur Distanz- bzw. Zentrierungserleichterung anhand je einer Axialnaht- und einer Radialnaht-Schweiß-

fuge mit Wulst als Distanz- bzw. Zentrierungshilfe.

In **Fig. 1** ist das Werkstück aus Sintermetall **1** eine Ringscheibe, an deren Außenkanten der Schweißnahtbereich **2** mit Hilfe eines an der Außenkante der Scheibe entlanggeführten walzenförmigen Preßwerkzeuges **3** verdichtet wird. Das Werkzeug **3** befindet sich dabei an einer nicht gezeigten Vorschubeinrichtung, welche vorzugsweise auch benutzt wird, um ein Vorwärmgerät **4** (z. B. Laser) in gleicher Geschwindigkeit vor dem Werkzeug **3** entlangzuführen. In Sonderfällen ist auch die unmittelbar nachfolgende Schweißung mit gleicher Vorschubeinrichtung möglich. Mit Hilfe des Vorwärmgerätes **4** kann unmittelbar vor dem Walz- bzw. Preßwerkzeug **3** eine lokale Vorwärmzone **5** erzeugt werden, die den Materialverdichtungsvorgang begünstigt und seine Begrenzung auf den Schweißnahtbereich erleichtert. Das Werkstück aus Sintermetall **1** ist während dieser Schweißnahtvorbereitung auf einer vorzugsweise drehbaren Aufspannplatte **6** gehalten. Selbstverständlich kann auch das Werkzeug oder das Werkstück während der Behandlung feststehend angeordnet sein.

In **Fig. 2A** ist der Schweißnahtbereich in der Fläche und geradlinig vorgesehen. Er wurde zur Schweißvorbereitung durch partielles Verdichten der Oberfläche des Sintermetallteiles **1** durch das hier nicht gezeigte Walz- bzw. Preßwerkzeug unter linearer Weiterführung erzeugt.

In **Fig. 2B** ist als Schnitt durch **Fig. 2A** der Schweißnahtbereich **2** nach einer Schweißung mit einem weiteren Werkstück **7**, z. B. aus Walzstahl, unter Verwendung von Zusatzschweißwerkstoff **8** vergrößert dargestellt. Die Niveauabsenkung **9** der Oberfläche des Werkstückes aus Sintermetall **1** hat hier wegen der randfernen Lage des Schweißnahtbereiches **2** zu einer Materialverdichtung **10** unterhalb des Weges des Walz- bzw. Preßwerkzeuges **3** geführt. Dabei sind wegen der randfernen Lage des Schweißnahtbereiches **2** beiderseits desselben Wülste **11** aufgeworfen worden. Diese können mit relativ geringem Aufwand an Zusatzschweißwerkstoff **8** nach der Erschmelzung verlaufen und die Trennfuge zwischen dem Werkstück aus Sintermetall **1** und dem Walzstahl-Werkstück **7** bei geringer Schweißnahtbreite mit hoher Festigkeit ausfüllen, ohne über den Schweißzonenbereich hinaus die Eigenschaften des Sinterstückes **1** dabei zu ändern.

In **Fig. 3A** hat das Sintermetallteil **1** im Schweißnahtbereich **2** ein Ausgangsniveau **12** besessen und wurde durch das Walz- bzw. Preßwerkzeug **3** auf ein erheblich niedrigeres Endniveau zusammengedrückt. Unterhalb desselben befindet sich danach der Materialverdichtungsbereich **10**, in welchem die Schweißbarkeit des Sintermetallteiles **1** problemlos geworden ist. Im Beispiel ist das Werkzeug mit Außenrändern **14** versehen, um eine saubere Randbegrenzung des Schweißnahtbereiches **2** zu erreichen. Die Außenränder **14** des Werkzeuges können auch entfallen, wenn auf scharfe Kanten am Werkstück **1** kein besonderer Wert gelegt wird.

In **Fig. 3B** ist sinngemäß die gleiche Schweißnahtvorbereitungsmethode, jedoch mit einem liegend rotierenden Walz- bzw. Preßwerkzeug **3** dargestellt. In jedem Falle wird das Werkzeug **3** durch eine Anpreßkraft **F** während des gesamten Walzvorganges so lange und so gesteuert eingesetzt, bis zumindest dort eine Verdichtung des Sinterwerkstoffes auf mindestens 5 Prozent erreicht wurde, wo die Schweißung das Material zum Erschmelzen bringen soll.

In **Fig. 4A** ist das Walz- bzw. Preßwerkzeug **3** bewußt nur teilweise auf die Kante des Werkstückes aus Sinter-

metall 1 gerichtet, um neben der Materialverdichtung einen in diesem Beispiel zur Mitte der Achse 15 vorstehenden Wulst 11 zu erzeugen und in die gewünschte Form zu bringen.

In Fig. 4B ist eine gleiche Anordnung des Walz- bzw. Preßwerkzeuges 3 mit einander entgegenwirkenden Werkzeugen, Zustellkräften F und entgegengerichteten Drehzahlen n vorgesehen. Damit wird der Vorbehandlungsarbeitsablauf beschleunigt, und es kann auf eine stützende Aufspannplatte 6 weitgehend verzichtet werden. Derartige Tandem-Anordnungen von Walz- bzw. Preßwerkzeugen 3 sind selbstverständlich auch bei anderen Werkzeugformen bzw. -anordnungen im entsprechenden Sinne anwendbar.

Fig. 4C zeigt ein Walz- und Preßwerkzeug 3 mit Stufenprofil, bei dem sowohl ein Wulst 11 als auch eine in beiden Stufen entstehende Materialverdichtungszone 10 erzielt wird.

In Fig. 4D ist das Walz- und Preßwerkzeug 3 ballig und erzeugt eine Materialverdichtungszone 10 mit ausgerundeter Rillenform unter weitgehender Vermeidung eines Wulstes.

In Fig. 4E ist das Walz- und Preßwerkzeug 3 zur Außenkante des Werkstückes aus Sintermetall 1 hin scharfkantig und zur Innenseite hin ballig abgerundet gestaltet. Damit wird bei guter Materialverdichtung 10 auch im inneren Bereich ein besonders ausgeprägter Wulst 11 erzeugt.

In Fig. 5 ist eine axiale und eine radiale Schweißverbindung eines Werkstückes aus Sintermetall 1 und eines Walzstahl-Werkstückes 7 mit Distanz- bzw. Zentrier-nutzung von Wülsten 11 im Schweißnahtbereich 2, die durch die Materialverdichtung erzeugt wurden, als Prinzipdarstellung gezeigt. Auf welcher Seite die Wülste 11 während des Schweißens zu liegen kommen, ist jeweils von der Werkstückform und der Zugänglichkeit sowie von der Art der Schweißtechnik abhängig. Auch die Breite der Schweißfuge, welche vorgesehen wird, hängt von der Materialdicke, der gewünschten Festigkeit der Schweißnaht und dem Schweißverfahren ab. Wesentlich ist, daß die Materialverdichtungszone 10 mit dem Schweißnahtbereich 2 weitestgehend zusammenfällt. Der durch die Materialverdichtung gewonnene Wulst kann zur Zentrierung von anliegenden Teilen genutzt werden und erspart damit Haltevorrichtungen.

Gemäß der Erfindung wird hier durch Walzen bzw. Pressen von Werkstücken aus Sintermetall deren Schweißbarkeit unter individueller Festigkeitssteigerung, insbesondere gegen dynamische Beanspruchung an kritischen Stellen, durch lokale Veränderung ihres Gefüges in Richtung minimaler Restporosität begünstigt. Die verbesserte Schweißnahtqualität liefert auch eine Festigkeitssteigerung in statischer und dynamischer Hinsicht, die für Verbindungen mit geschweißten Sinterbauteilen bisher unerreichbar schien. Dabei ist die Materialverdichtung nicht auf Glättung oder Schwingfestigkeitserhöhung der gesamten druckeigenspannungsbehafteten Oberfläche gerichtet, sondern nur auf einen begrenzten Schweißnahtbereich, so daß das Sinter-teil, außer dort selbst, seine ursprünglichen Eigenschaften voll beibehalten kann. Die plastische Verformung des eigentlichen Fügebereiches als Schweißnaht-vorbereitung kann sowohl bezüglich der Werkstofftiefe als auch der Fügebereichsgeometrie durch Anpassung der Werkzeuge und der Walzparameter in weiten Grenzen variiert werden. Zur Reduzierung der Walzkräfte und Erhöhung der Walztiefenwirkung kann je nach Gestalt der Sintermetallwerkstücke, deren Vorwärmung

vor dem Walzen der Schweißnahtzone entweder in einem Ofen oder durch lokale Erhitzung lediglich im Schweißbereich (z. B. durch Laserstrahl), günstig sein. Der eigentliche Schweißprozeß hat immer zeitlich nach dem Walz- bzw. Preßvorgang zu erfolgen, entweder separat oder auch in einer gemeinsamen Fertigungseinrichtung direkt aufeinanderfolgend. Das Walzen bzw. Pressen im Schweißnahtbereich kann einfach oder mehrfach erfolgen, je nach vorhandenen Werkstoffarten und Schweißnahtbelastungen.

Unter einer Schweißverbindung im Sinne der vorliegenden Erfindung ist jede Verbindung zu verstehen, die unter Anwendung der bekannten thermischen Verbindungstechniken erzeugt wird. Zu diesen thermischen Verbindungstechniken zählen unter anderem Elektronenstrahlschweißen (Laserstrahlschweißen), Widerstandsschweißen sowie Weich- und Hartlöten.

Bezugszeichen

- 1 Werkstück aus Sintermetall
- 2 Schweißnahtbereich
- 3 Walz- bzw. Preßwerkzeug
- 4 Vorwärmgerät
- 5 Vorwärmzone
- 6 Aufspannplatte
- 7 Normalstahlwerkstück
- 8 Zusatzschweißwerkstoff
- 9 Niveauabsenkung durch Walzung
- 10 Materialverdichtungszone
- 11 Wulst neben 2
- 12 Ausgangsniveau
- 13 Endniveau
- 14 Außenränder von 3
- 15 Drehachse von 1
- 16 Schweißfuge
- F Preßkraft
- n Drehzahl

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vorbereitung eines Werkstückes aus Sintermetall (1) für eine Schweißnahtverbindung, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß das Werkstück aus Sintermetall (1) ausschließlich im Fügebereich auf eine niedrige Restporosität verdichtet wird und
 - der Materialverdichtungszone (10) zur Positionierung der zu verschweißenden Werkstücke (1, 7) dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Porosität auf mindestens 5 Prozent reduziert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück vor der Verdichtung lokal erwärmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdichtung mit mindestens zwei einander entgegenwirkenden Werkzeugen (3) erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - daß bei der Verdichtung Wülste (11) aus dem Materialverdichtungszone (10) entlang der Werkstückstoßfuge aufgeworfen werden,
 - so daß diese Wülste (11) beim Schweißen in die Stoßfuge hinein verlaufen.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Wülste (11) als Zentrier- bzw. Distanzhilfen angeordnet sind.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein maschinell geführtes Walz- bzw. Preßwerkzeug (3) 5 über dem gesinterten Werkstück (1) angebracht und sein Anpreßdruck regelbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsbreite des Werkzeuges (3) um etwa die Breite der vorgesehenen Wülste (11) 10 geringer ist als die Schweißfugentiefe.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (3) und ein mobiles Vorwärmgerät (4) an einem gemeinsamen Vorschubsystem angebracht 15 sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

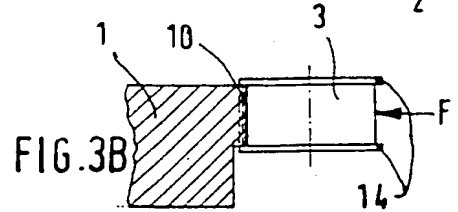
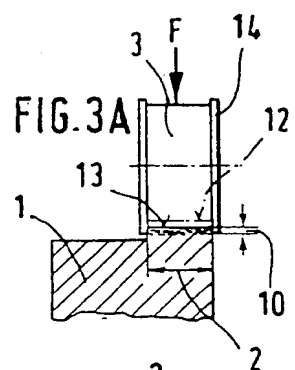
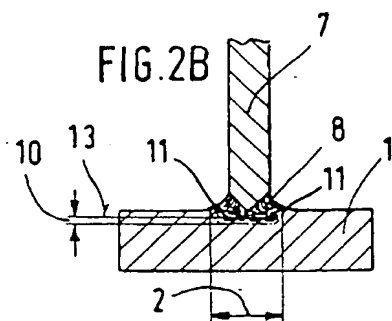
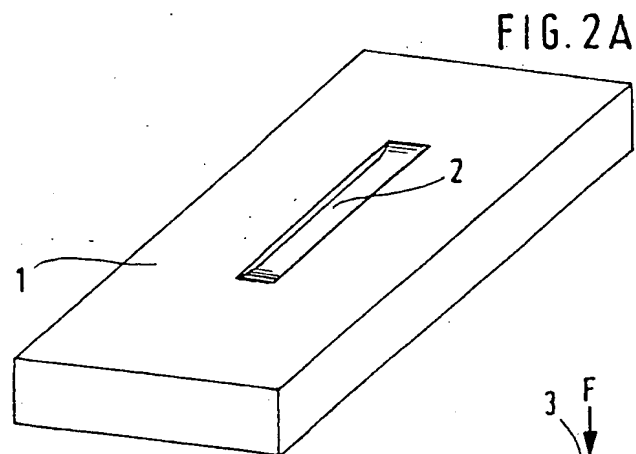
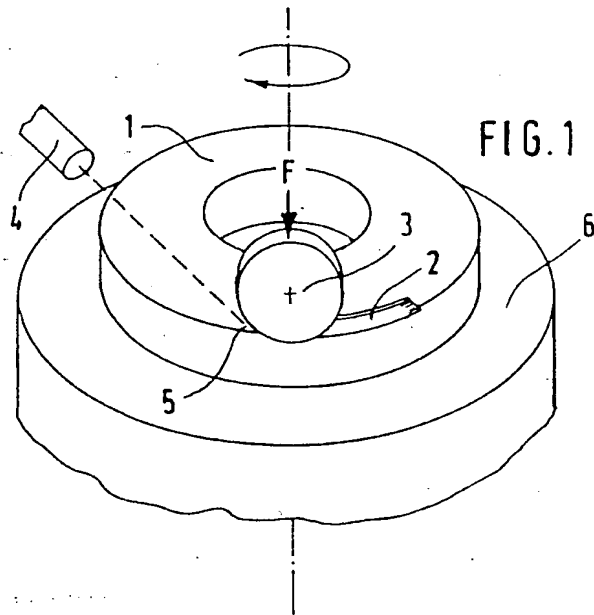
45

50

55

60

65



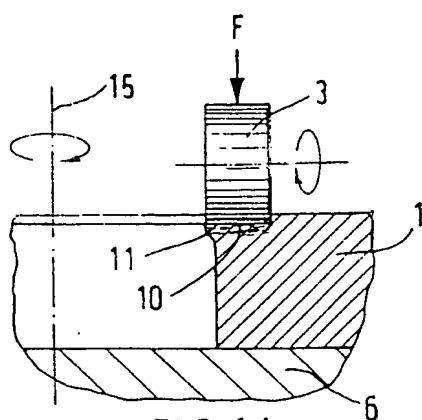


FIG. 4A

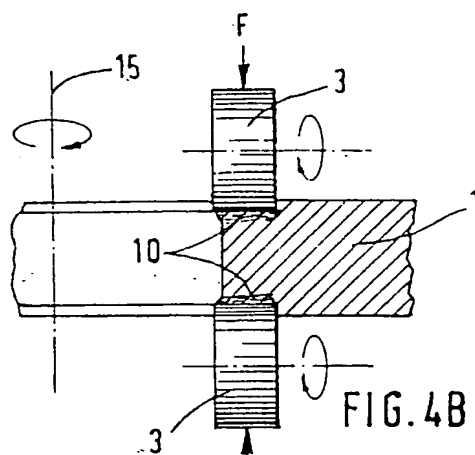


FIG. 4B

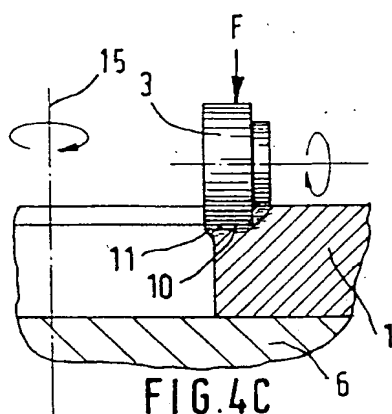


FIG. 4C

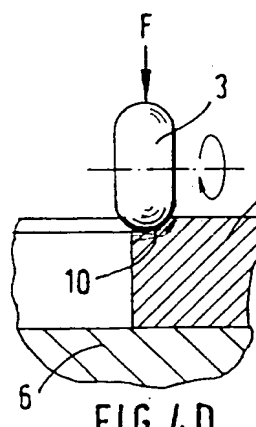


FIG. 4D

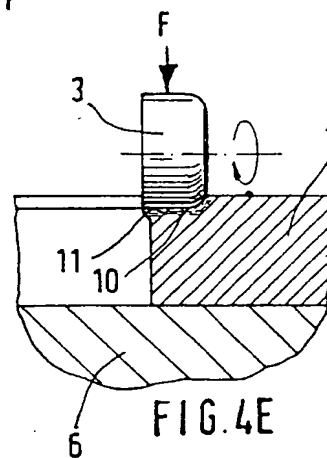


FIG. 4E

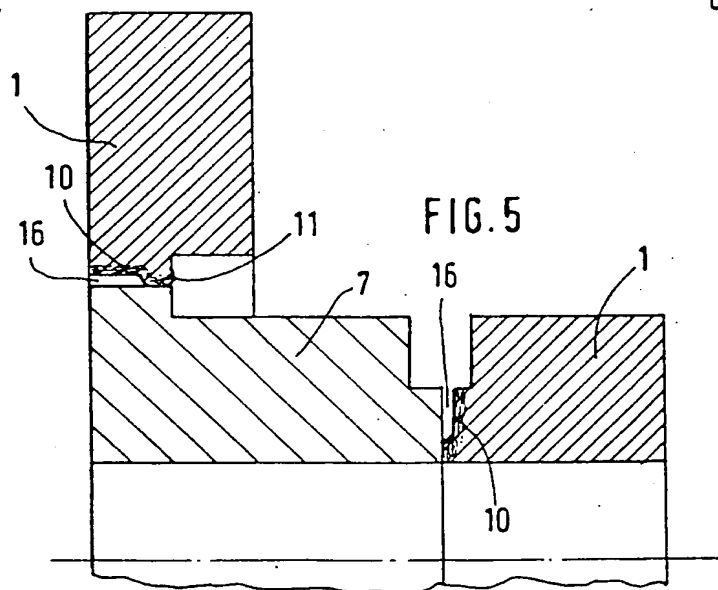


FIG. 5